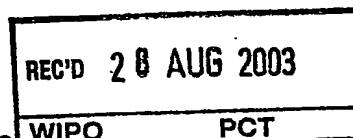


**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**



Aktenzeichen:

102 24 735.8

Anmeldetag:

04. Juni 2002

Anmelder/Inhaber:

Dr. Christof Holberg, Iffeldorf/DE

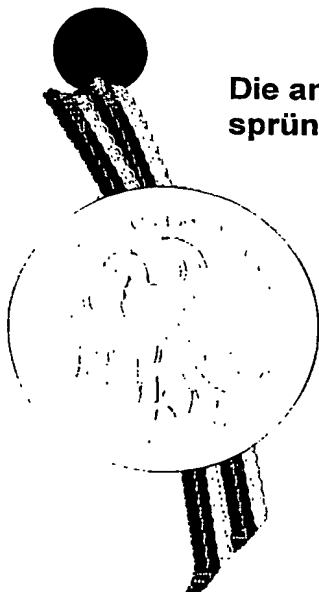
Bezeichnung:

Verfahren, Vorrichtung und Computerprogrammpro-
dukt zur Erzeugung eines dreidimensionalen Modells

IPC:

G 06 T, G 06 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.



München, den 11. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

HoB

TBK

TIEDTKE - BÜHLING - KINNE & PARTNER (GmbH)



TBK-Patent POB 20 19 18 80019 München

Patentanwälte

Dipl.-Ing. Harro Tiedtke
Dipl.-Ing. Reinhard Kinne
Dipl.-Ing. Hans-Bernd Pellmann
Dipl.-Ing. Klaus Grams
Dipl.-Ing. Aurel Vollnhals
Dipl.-Ing. Thomas J.A. Leson
Dipl.-Ing. Dr. Georgi Chivarov
Dipl.-Ing. Matthias Grill
Dipl.-Ing. Alexander Köhn
Dipl.-Ing. Rainer Böckelen
Dipl.-Ing. Stefan Klingele
Dipl.-Chem. Stefan Bühling
Dipl.-Ing. Ronald Roth

4. Juni 2002

DE 33107

Dr. Christof Holberg

82393 Iffeldorf, Deutschland

VERFAHREN, VORRICHTUNG UND COMPUTERPROGRAMMPRODUKT ZUR
ERZEUGUNG EINES DREIDIMENSIONALEN MODELLS

Dresdner Bank	München	Kto. 3939 844	BLZ 700 800 00
Deutsche Bank	München	Kto. 286 1060	BLZ 700 700 10
Postbank	München	Kto. 67043 804	BLZ 700 100 80
Da-Hchi-Kangyo Bank	Düsseldorf	Kto. 8104233007	BLZ 300 207 00
Sanwa Bank	Düsseldorf	Kto. 500 047	BLZ 301 307 00

Telefon: +49 89 544690
Telefax (G3): +49 89 532611
Telefax (G3+G4): +49 89 5329095
E-Mail: postoffice@tbk-patent.de
Internet: <http://www.tbk-patent.de>
Bavariaring 4-6, 80336 München

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Computerprogrammprodukt zur Erzeugung eines dreidimensionalen Modells für ein real bestehendes Objekt, insbesondere zur Erzeugung eines Flächen- oder Volumenkörpermodells oder eines FE-Modells (FE: Finite Elemente) aus digitalisierten Daten des Objekts.

Auf vielen technischen Gebieten besteht der dringende Bedarf, das Abbild eines real bestehenden Objekts in ein möglichst wirklichkeitsnahes Computermode ll zu überführen. Während sich einfache Objekte meist noch recht gut mit Hilfe von CAD-Programmen (CAD: computerunterstütztes Konstruieren), FE-Programmen oder dergleichen nachkonstruieren lassen, wird dies bei komplizierten Strukturen immer schwieriger.

Besonders auffällig ist die Diskrepanz zwischen Bedarf und tatsächlich Machbarem in den Biowissenschaften, wenn beispielsweise die hochkomplizierte Gestalt von anatomischen Strukturen modelliert werden soll. Die geometrischen bzw. morphologischen Ungenauigkeiten des Modells kommen im besonderen Maße dann zum Tragen, wenn auf der Grundlage des Modells eine FE-Analyse durchgeführt werden soll, um das physikalische Verhalten des Objekts zu berechnen.

Bei der Erzeugung eines aus Knoten und Elementen bestehenden FE-Modells kann prinzipiell zwischen zwei Methoden unterschieden werden, und zwar zwischen der direkten und der indirekten Erzeugung des FE-Modells. Bei der direkten Methode werden die Knotenpunkte dem FE-Programm fest vorgegeben, während sich das FE-Programm bei der indirekten Methode die Knotenpunkte aus vorge-

gebenen geometrischen Elementen (z.B. aus Flächen- oder Volumenkörpern, Linien oder Punkten) selbst auswählt.

5 Untersucht man die bislang in den Biowissenschaften
erstellten FE-Modelle, so fällt auf, dass die meisten der
vorgestellten Verfahren direkte Verfahren sind, bei denen
dem FE-Programm die Knotenpunkte fest vorgegeben werden.

10 Fig. 13 zeigt ein Beispiel für ein direkt durch
Konstruktion erzeugtes FE-Modell der Gesichtsweichteile,
wie es M. Motoyoshi et al. in "Finite element model of
facial soft tissue. Effects of thickness and stiffness on
changes following simulation of orthognatic surgery",
J Nihon Univ Sch Dent 35, Seiten 118-123 (1993)
15 vorgestellt haben. Bei diesem Verfahren wird auf eine
morphologisch exakte Übertragung der Objektstruktur in
den virtuellen Raum verzichtet und es wird versucht, die
Komplexität der Struktur so gut wie möglich durch
manuelle Nachkonstruktion nachzuahmen.

20 FE-Modelle können auch direkt durch schichtweise
Vernetzung erzeugt werden. Dabei werden die geometrischen
Daten des Objekts durch ein schichtdiagnostisches
Verfahren oder durch Anfertigen histologischer Schnitte
25 gewonnen.

Bei der punktbasierten, schichtweisen Vernetzung werden
die gewonnen Schichtbilder digitalisiert und die Grenzen
der interessierenden Struktur identifiziert. Anschließend
30 werden in jeder Schicht auf den Grenzlinien Knotenpunkte
definiert, die zuerst zweidimensional in der jeweiligen
Schichtlage und anschließend dreidimensional zwischen den
einzelnen Schichtlagen vernetzt werden. Fig. 14 zeigt ein
solches durch punktbasierte, schichtweise Vernetzung
35 erzeugtes FE-Modell eines Zahns, wie es C. Lin et al. in

"Automatic finite element mesh generation for maxillary second premolar", Comput Methods Programs Biomed 59, Seiten 187-195 (1994) beschrieben haben.

- 5 Die schichtweise Vernetzung kann auch voxelbasiert
erfolgen. Dazu wird über jedes gewonnene Schichtbild ein
definiertes quadratisches Gitternetz gelegt und jedem
Quadrat, das in der Schicht einem Voxel entspricht, ein
kubisches Element zugeordnet. Jedes Element, das in der
10 darunter liegenden Schicht nicht zu einem gewissen
Prozentsatz von der interessierenden Struktur bedeckt
ist, fällt weg. Übrig bleiben Schichten aus gleich-
förmigen Elementen, die übereinander gestapelt ein
dreidimensionales FE-Modell aus kubischen Elementen
15 bilden. Fig. 15 zeigt ein solches durch voxelbasierte,
schichtweise Vernetzung entstandenes FE-Modell des
menschlichen Schädels, wie es D. Camacho et al. in "An
improved method for finite element mesh generation of
geometrically complex structures with application to the
20 skullbase", J Biomech 30, 1067-1070 (1997) beschrieben
haben.

- Einen etwas anderen Ansatz haben P. van Zyl et al. in
"Three-Dimensional finite element of a human mandible
25 incorporating six osseointegrated implants for Stress
Analysis of mandibular cantilever prostheses", Int J Oral
Maxillofac Implants 10, Seiten 51-57 (1992) gewählt. Das
in Fig. 16 gezeigte FE-Modell eines Unterkiefers wurde
direkt durch dreidimensionale Vernetzung einer aus
30 Reflexmikroskopaufnahmen gewonnenen Punktwolke erzeugt.
Die Punktwolke wird direkt in das FE-Programm eingegeben,
wobei die Punkte der Punktwolke als Knotenpunkte für das
FE-Modell herangezogen werden. Allerdings ist die
automatische Vernetzung der Knotenpunkte nicht besonders
35 zuverlässig. Die gängigen FE-Programme haben häufig

Schwierigkeiten mit der Vernetzung unterschiedlich dichter Punktwolken, sodass in der Regel spezielle Programme zur dreidimensionalen Vernetzung der Punktwolke verwendet werden müssen. Da diese Programme nicht
5 kompatibel zu den FE-Standardprogrammen sind, entstehen auf der Softwareseite Insellösungen, die nur von einem Fachmann bedient werden können.

Indirekte Verfahren zur Erzeugung eines FE-Modells haben
10 sich in erster Linie in den Ingenieurwissenschaften durchgesetzt. Bei den indirekten Verfahren werden dem FE-Programm beliebige geometrische Elemente vorgegeben, aus denen sich das FE-Programm selbsttätig die Lage der Knotenpunkte errechnet, wobei die geometrischen Elemente
15 lediglich die Ränder und Grenzflächen des späteren FE-Modells festlegen. Die geometrischen Elemente können entweder im FE-Programm selbst erstellt werden oder über eine sogenannte CAD/FEM-Kopplung als Flächen- oder Volumenkörper aus einem CAD-Programm importiert werden.
20

Um die Koordinaten der Knotenpunkte zu erstellen, gibt es bei der indirekten Erzeugung des FE-Modells zwei Möglichkeiten: Beim sogenannten "Mapped Meshing" werden die Knotenpunkte so festgelegt, dass viereckige oder
25 hexaederförmige Elemente gebildet werden. Im Gegensatz dazu werden beim "Free Meshing" dreieckige oder tetraederförmige Elemente mit Zwischenknoten (sogenannte parabolische Elemente) gebildet, die sich besonders gut an komplexe Geometrien anpassen.
30

Der entscheidende Punkt beim indirekten Verfahren ist, dass die dem FE-Programm vorgegeben geometrischen Elemente in der Regel manuell im FE-Programm oder in einem CAD-Programm konstruiert werden müssen. In den
35 Ingenieurwissenschaften stellt dies keinen Nachteil dar,

- da die meisten Produkte sowieso mit Hilfe von CAD-Programmen entworfen werden. In den Biowissenschaften allerdings hat sich das indirekte Verfahren bis auf Ausnahmen, etwa bei der Beurteilung konstruierbarer
- 5 Fremdkörper wie Hüftprothesen usw., nicht durchsetzen können. Die Ungenauigkeiten, die entstehen, wenn ein reales Objekt durch direkte Konstruktion nachgeahmt wird, sind einfach zu groß.
- 10 Den bisher einzigen Lösungsweg, das Abbild eines real bestehenden Objekts in ein der CAD/FEM-Kopplung zugängliches Format umzuwandeln, bietet das Reverse Engineering. Beim Reverse Engineering wird das Objekt digitalisiert und werden mittels Flächenrekonstruktion
- 15 CAD-Flächen erzeugt, die sich dem Grundsatz nach in ein FE-Programm importieren lassen. Die CAD-Flächen setzen sich zumeist aus frei formbaren Bézier- oder NURBS-Patches (NURBS: Nicht-uniforme rationale B-Splines) zusammen, die über ein Netz aus Kontrollpunkten
- 20 stückweise an die Oberflächenform des Objekts angepasst werden. Bei den NURBS-Patches handelt es sich in der Regel um mindestens bikubische parametrische Flächenelemente, die die Objektfläche jeweils durch zwei polynomiale Kurven dritten Grades approximieren. Das Lösen
- 25 der linearen Gleichungssysteme wird mit zunehmendem Grad der Polynome immer aufwendiger, erlaubt aber eine genauere Anpassung der Flächenelemente an die Oberflächengestalt des Objekts. Aufgrund der komplizierten Algorithmen, die bei der Flächenrekonstruktion zum
- 30 Einsatz kommen, sind die zum Reverse Engineering verwendeten Softwareprogramme bislang sehr teuer. Außerdem sind die Berechnungen mit hohem Zeitaufwand verbunden.

Daneben hat sich herausgestellt, dass beim Reverse Engineering die Anpassung der Bézier- oder NURBS-Patches an die Oberflächenform einer geometrisch komplexen Struktur oft sehr ungenau ist und dass dabei häufig
5 irreguläre CAD-Flächen erzeugt werden, die sich weder mit CAD-Programmen noch mit FE-Programmen weiterverarbeiten lassen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren,
10 eine Vorrichtung und ein Softwareprogrammprodukt zur Verfügung zu stellen, mit denen sich mit relativ geringem Rechenaufwand ein genaues dreidimensionales Modell eines real bestehenden Objekts erzeugen lässt.

15 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1, eine Vorrichtung gemäß Anspruch 6 und ein Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 9 gelöst.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass das
20 interessierende Objekt zunächst digitalisiert wird, um ein Netzmodell des Objekts zu erzeugen, das Netzmodell anschließend in bilineare Flächenelemente zerlegt wird und die bilinearen Flächenelemente schließlich zu einem Flächen- oder Volumenkörpermodell vereinigt werden.

25 Unter dem angesprochenen Netzmodell sind Vielflächen-, Oberflächen- oder Polygonnetze zu verstehen, die typischerweise aus einer Menge endlich vieler Polygone bestehen, bei denen jeweils zwei Eck- oder Knotenpunkte
30 eine Kante definieren und mehrere solcher Kanten einen geometrischen Körper beschreiben. Die geometrische Beschreibung des Körpers erfolgt in dem Netzmodell rein numerisch, d.h. im Gegensatz zu einem analytischen Ansatz wird die geometrische Form nicht durch mathematische

Gleichungen definiert, sondern allein durch die Lage und Dichte der Eck- bzw. Knotenpunkte.

Da solche Netze rein numerisch beschrieben werden, lassen
5 sie sich durch Digitalisieren des Objekts erzeugen. Das
Digitalisieren kann dabei auf unterschiedliche Weise
erfolgen. So kann das Objekt beispielsweise optisch oder
berührend abgetastet werden, so dass sich eine die
10 Objektoberfläche beschreibende Punktwolke ergibt. Aus
dieser Punktwolke werden dann die Knotenpunkte für die
Netzdarstellung gewonnen. Von dem zu digitalisierenden
Objekt können aber auch Oberflächen- oder Schnitt-
15 aufnahmen angefertigt werden. Mit Hilfe dieser Aufnahmen
werden dann die Grenzen (Boundaries) des Objekts
identifiziert und werden einzelne Punkte dieser Grenzen
wiederum als Knotenpunkte für die Netzdarstellung
verwendet.

Bislang ging man davon aus, dass die numerischen Daten
20 eines solchen Netzmodells nicht ohne Weiteres dazu heran-
gezogen werden können, einen Flächen- oder Volumenkörper
zu erzeugen, der durch analytische Funktionen beschrieben
wird. So wird in der Literatur zum Beispiel davor
gewarnt, dass in CAD-Programmen zwar Volumenkörper in
25 Oberflächennetze konvertiert werden können, diese aber
umgekehrt nicht in Volumenkörper konvertiert werden
können (vgl. Benutzerhandbuch AutoCAD 2000™, S. 719). Um
numerische Daten in analytische Daten umzuwandeln, musste
30 bislang der aufwendige und insbesondere bei komplexen
Geometrien nicht immer erfolgreiche Weg des Reverse
Engineering eingeschlagen werden.

Die Erfindung schlägt eine Brücke zwischen numerischer
und analytischer Beschreibung der Objektdaten, indem sie

die numerischen Daten des Netzmodells in die analytischen Daten bilinearer Flächenelemente zerlegt.

Unter bilinearen Flächenelementen sind Flächenstücke zu verstehen, die jeweils durch zwei polynomiale Kurven ersten Grades bzw. durch zwei Strecken definiert sind. Die Endpunkte der Strecken ergeben sich dabei aus den Knotenpunkten des Netzes. Die beiden Strecken jedes Flächenelements bilden zwei Kanten eines Polygonzuges, dessen übrige Kanten sich durch Verbinden der Streckenendpunkte ergeben. Jedes Flächenelement hat seine eigenen Kanten, die es nicht mit den angrenzenden Flächenelementen teilt.

Die bilinearen Flächenelemente sind vorzugsweise dreieckig, da sich Dreiecksflächen besonders gut an komplexe Geometrien anpassen lassen. Bei einer solchen Dreiecksfläche fällt daher jeweils ein Endpunkt der beiden Strecken des Flächenelements in einem Punkt zusammen und wird die dritte Kante des Dreiecks durch die verbleibenden Endpunkte der Strecken gebildet. Das bilineare Flächenelement kann jedoch prinzipiell auch eine Form mit vier Kanten (z.B. ein Quadrat) einnehmen, bei der die Endpunkte der Strecken nicht in einem Punkt zusammenfallen.

Sofern die bilinearen Flächenelemente durch ein CAD-Programm bearbeitet werden, sollten sie vorzugsweise in Form von NURBS-Patches vorliegen, da NURBS-Patches gegenüber Rotations-, Skalierungs-, Translations- und Projektionsoperationen invariant sind. Dabei ist zu beachten, dass die Möglichkeit, NURBS-Patches höheren Grades frei formen zu können, nicht genutzt wird, da die verwendeten Flächenelemente nur bilinear sind.

Um das Netzmodell in bilineare NURBS-Patches umzuwandeln, wird das Netz vorzugsweise in das IGES-Format (IGES: Initial Graphics Exchange Specification) konvertiert. Das IGES-Format ist ein ANSI-Standard, der ein neutrales
5 Format für den Datenaustausch zwischen unterschiedlichen CAD-, CAM- (CAM: rechnergestützte Fertigung) und Computervisualisierungssystemen definiert. Die bilinearen Flächenelemente entsprechen dabei IGES-Elementen der Nummer 128, die für rationale B-Spline-Flächen vorgesehen
10 sind.

Die einzelnen bilinearen Flächenelemente, in die das Netz zerlegt wurde, werden wieder vereinigt, um einen geschlossenen Flächenverbund oder einen geschlossen
15 Volumenkörper zu erzeugen. Dies geschieht dadurch, dass die gegenüberliegenden Kanten von zwei benachbarten Flächenelementen zusammengeheftet werden. Es werden also die zuvor getrennten Kanten der Flächenelemente zu einer gemeinsamen Kante zusammengefasst, sodass das eine
20 Flächenelement unmittelbar in das andere Flächenelement übergeht. Da sämtliche Flächenelemente eben sind, gehen sie nicht stetig ineinander über und es entsteht ein facettierter Flächenverbund.

25 Dieser facettierte Flächenverbund stellt ein Flächenmodell des digitalisierten Objekts dar. Wenn der Flächenverbund der Oberfläche ein endliches Volumen quasi wasserdicht umschließt, so entsteht ein Volumenkörpermodell des digitalisierten Körpers.
30

Das Flächen- oder Volumenkörpermodell lässt sich problemlos durch CAD/FEM-Kopplung in ein FE-Programm importieren und zu einem FE-Modell vernetzen, mit dessen Hilfe physikalische Berechnungen durchgeführt werden
35 können.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass sie für den Übergang zwischen der numerischen und analytischen Beschreibung der Objektdaten Kurvengleichungen ersten Grades heranzieht. Im Vergleich zum Reverse Engineering, bei dem Kurvengleichungen dritten oder höheren Grades verwendet werden, reduziert sich dadurch die Komplexität des zu lösenden Gleichungssystems erheblich. Auch dann, wenn von einem sehr feinen Netz ausgegangen wird, um ein besonders genaues dreidimensionales Modell des interessierenden Objekts zu erzeugen, ist die durch das weniger komplexe Gleichungssystem erzielte Zeitersparnis so groß, dass sich der Rechenaufwand trotz der hohen Genauigkeit des Modells insgesamt verringert. Mit Hilfe der Erfindung lässt sich also mit relativ geringem Rechenaufwand ein genaues dreidimensionales Flächen-, Volumenkörper- oder FE-Modell eines real bestehenden Objekts erzeugen.

Die Erfindung kann sowohl in Form eines Verfahrens als auch in Form einer Vorrichtung oder eines Softwareprogrammprodukts umgesetzt werden.

Bei der Vorrichtung ist zu beachten, dass neben einer Datenverarbeitungseinrichtung, die die Datenverarbeitungsschritte Einlesen des Netzmodells, Zerlegen des Netzmodells in bilineare Flächenelemente, Vereinigen der bilinearen Flächenelemente zu einem Flächen- oder Volumenkörpermodell und gegebenenfalls Erstellen eines FE-Modells aus dem Flächen- oder Volumenkörpermodell ausführt, auch eine Digitalisierungseinrichtung vorgesehen ist, mit der sich das Netzmodell des Objekts erzeugen lässt. Unter eine solche Digitalisierungseinrichtung fallen sämtliche bildgebenden Geräte wie Fotoapparate und Röntgengeräte, die zweidimensionale analoge oder digitale Bilder erzeugen, aus denen in

Kombination mit einer Bildverarbeitung ein dreidimensionales Netz gewonnen werden kann. Unter eine solche Digitalisierungseinrichtung fallen aber auch optische und berührende Abtastgeräte, die die Oberfläche des Objekts abtasten, um eine dreidimensionale Punktwolke zu erzeugen, aus der dann in Kombination mit einer Bildverarbeitung ein Netz gewonnen wird. In diesem Zusammenhang ist es ohne Belang, ob die Digitalisierungseinrichtung und die Datenverarbeitungseinrichtung räumlich getrennt sind oder ob die Digitalisierungseinrichtung die Datenverarbeitungseinrichtung zur Ausführung der Bildverarbeitungsschritte nutzt.

Es liegt auf der Hand, dass die Erfindung anstatt durch die Vorrichtung auch durch ein Computerprogrammprodukt realisiert werden kann, das die angesprochenen Datenverarbeitungsschritte anhand von Softwareroutinen abarbeitet, wenn es auf einem Computer läuft. Das Computerprogrammprodukt kann auf einem Datenträger gespeichert sein oder direkt in den Arbeitsspeicher des Computers geladen werden.

Weitere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden ausführlichen Beschreibung von Ausführungs- und Vergleichsbeispielen. Dabei wird auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen, die Folgendes zeigen:

Fig. 1 ein durch optische Abtastung digitalisiertes Abbild eines Probandengesichts in Form einer Punktwolke;

Fig. 2 die Punktwolke von Fig. 1, nachdem sie ausgedünnt wurde;

Fig. 3 ein aus der Punktwolke von Fig. 2 erzeugtes Netz;

Fig. 4 ein Ausschnitt aus dem in Fig. 3 gezeigten Netz;

5 Fig. 5a bis Fig. 5d eine erläuternde Darstellung, wie aus drei Polygonen des in Fig. 4 gezeigten Ausschnitts drei bilineare Flächenelemente gebildet und wieder vereinigt werden;

10 Fig. 6 ein aus dem in Fig. 3 gezeigten Netz erzeugtes Flächenmodell;

Fig. 7 ein aus dem in Fig. 6 gezeigten Flächenmodell erzeugtes FE-Modell der Gesichtswichteile;

15 Fig. 8 eine digitalisierte Röntgenschichtaufnahme eines menschlichen Schädels in Höhe des Unterkiefers, in denen die Schädelgrenzen markiert und mit Punkten versehen sind;

20 Fig. 9 ein aus mehreren Schichtaufnahmen erzeugtes digitales Abbild eines Schädels in Form einer Punktwolke, nachdem sie homogenisiert wurde;

25 Fig. 10 ein aus der Punktwolke von Fig. 9 erzeugtes Netz;

Fig. 11 ein aus dem in Fig. 10 gezeigten Netz erzeugtes Volumenkörpermodell des Schädels;

30 Fig. 12a ein Netzmodell des menschlichen Ohres und Fig. 12b ein aus diesem Netzmodell durch Reverse Engineering erzeugtes Modell aus NURBS-Flächen;

Fig. 13 ein durch Nachkonstruktion erzeugtes FE-Modell von Gesichtswichteilen gemäß Stand der Technik;

Fig. 14 ein durch punktbasierte, schichtweise Vernetzung erzeugtes FE-Modell eines Zahns gemäß Stand der Technik;

5 Fig. 15 ein durch voxelbasierte, schichtweise Vernetzung erzeugtes FE-Modell eines menschlichen Schädels gemäß Stand der Technik; und

10 Fig. 16 ein durch Vernetzung einer Punktwolke erzeugtes FE-Modell eines Unterkiefers gemäß Stand der Technik.

Anhand der Figuren 1-7 wird nun ein erstes Ausführungs-
beispiel beschrieben, wie sich aus einem digitalisierten
Abbild eines Probandengesichts ein dreidimensionales
Flächenmodell und ein FE-Modell der menschlichen
15 Gesichtsweichteile erzeugen lassen.

Das Gesicht eines Probanden wurde mit Hilfe eines licht-
codierten Triangulationsverfahrens (TRICOLITE™ der Firma
Steinbichler) digitalisiert. Dabei wurde durch einen LCD-
20 Projektor eine Serie von Streifenmustern auf das Gesicht
geworfen, die durch zwei CCD-Kameras aus unter-
schiedlichen Blickwinkeln erfasst wurde. Der komplette
Messvorgang dauerte etwa zwei Sekunden. Durch
geometrische Auswertung (Triangulationsprinzip) wurde
25 daraus ein dreidimensionales Abbild der Gesichts-
oberfläche in Form einer Punktwolke erzielt. Nähere
Einzelheiten zu diesem lichtcodierten Triangulations-
verfahren werden der Dissertation (citation in progress)
von C. Holberg "Erfassung von Gesichtsoberflächen durch
30 ein lichtcodiertes Triangulationsverfahren", Ludwig-
Maximilians-Universität München (2002) zu entnehmen sein.

Die erhaltene Punktwolke wurde anschließend gefiltert, um
eine bestimmte Auflösung zu erzielen und redundante Daten
35 einzusparen. Und zwar wurden die Bildpunkte, deren Lage

gegenüber den benachbarten Bildpunkten nur wenig abwich,
gelöscht, während die Bildpunkte, deren Lage gegenüber
den benachbarten Bildpunkten stärker abwich, beibehalten
wurden. Dadurch ergab sich die in Fig. 2 gezeigte
5 ausgedünnte Punktwolke, in der die Bildpunkte umso
dichter liegen, je stärker sich die Topologie der
Gesichtsoberfläche ändert.

Die ausgedünnte Punktwolke wurde anschließend in das
10 Bildbearbeitungsprogramm Rapid Form™ (INUS Technology,
Inc.) importiert und zu einem Polygonnetz aus dreieckigen
Polygonen vernetzt. Um ein durchgehendes, sauberes
Polygonnetz zu erhalten, wurde das Polygonnetz von
Löchern und von kreuzenden, redundanten und nichtmannig-
15 faltigen Flächen befreit. Im vorliegenden Fall wurde die
Möglichkeit, das Polygonnetz zu homogenisieren oder die
Anzahl der Polygonflächen zu erhöhen oder zu reduzieren,
nicht genutzt. Es entstand das in Fig. 3 gezeigte
lochfreie und gereinigte Polygonnetz, das im DXF-Format
20 zwischengespeichert wurde.

Das im DXF-Format abgespeicherte Polygonnetz wurde
anschließend in das Programm PolyTrans™ (Okino Computer
Graphics) importiert, um das Polygonnetz, ohne weiter
25 verändert zu werden, im neutralen IGES-Format
abzuspeichern, das den Datenaustausch zwischen unter-
schiedlichen CAD-, CAM- und Computervisualisierungs-
systemen erlaubt. Durch den Export als IGES-Datei wurde
das Polygonnetz in bilineare NURBS-Patches mit der
30 Elementnummer 128 zerlegt. Die entstandene IGES-Datei
wurde anschließend in das CAD-Programm Mechanical
Desktop™ (Autodesk Inc.) eingelesen, wobei das Abbild des
Probandengesichts nunmehr in Form von einzelnen Flächen-
elementen (bilinearen NURBS-Patches) vorlag, die jeweils
35 einem Polygon des ursprünglichen Polygonnetzes

entsprachen. Mit der Funktion "Flächen zusammenheften" (in anderen Programmen auch als "Zusammenfügen" oder "Stitchen" bezeichnet) wurden die einzelnen Flächenelemente dann wieder zu einem Flächenverbund vereinigt, sodass das in Fig. 6 gezeigte Flächenmodell des Probandengesichts entstand. Dieses Flächenmodell wurde dann über die CAD/FEM-Schnittstelle AMACISOUT des Programms im SAT-Format exportiert, um die Geometrie des Flächenmodells der CAD/FEM-Kopplung zugänglich zu machen.

Die einzelnen Verarbeitungsschritte, denen die Bilddaten beim Zerlegen des Polygonnetzes in die einzelnen Flächenelemente und beim Vereinigen der Flächenelemente unterlagen, werden nun ausführlicher anhand von Fig. 4 und den Figuren 5a bis 5d erläutert.

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt des in Fig. 3 gezeigten Polygonnetzes, der dem rechten Wangenbereich des Patienten entnommen wurde. In diesem Bereich werden nur die drei fett markierten Polygone betrachtet, deren Eck- bzw. Knotenpunkte hervorgehoben sind. Diese drei Polygone sind in Fig. 5a ohne ihre Umgebung dargestellt.

Die in Fig. 5a dargestellten Polygone wurden durch die Konvertierung ins IGES-Format in die drei in Fig. 5b gezeigten bilinearen NURBS-Patches umgewandelt. Unter NURBS-Patches sind wie gesagt Flächenelemente zu verstehen, die jeweils durch zwei nicht-uniforme rationale B-Splines definiert sind, d.h. durch zwei frei formbare polynomiale Kurven. Da die Polygone, von denen ausgegangen wurde, eben waren, sind die beiden B-Splines, die jedes Flächenelement definieren, ebenfalls nicht gekrümmt und entsprechen somit Kurven erstes Grades. Bei der Erfindung wird also jedes NURBS-Patch nicht mehr numerisch durch die Eckpunkte des jeweiligen Flächen-

elements, sondern analytisch durch zwei Kurven ersten Grades bzw. durch zwei Strecken beschrieben. Da die ursprünglichen Polygone dreieckig waren, sind auch die entstandenen NURBS-Flächen dreieckig. Das bedeutet, dass

5 jeweils ein Endpunkt der beiden Strecken des NURBS-Patches in einem Punkt zusammenfällt und die beiden Strecken zwei Kanten des dreieckigen NURBS-Patches bilden, während sich die dritte Kante durch Verbinden der beiden verbliebenen Streckenendpunkte ergibt. Da jeder

10 NURBS-Patch durch ein eignes Paar linearer B-Splines definiert ist, hat jedes NURBS-Patch seine eigenen Kanten, die es nicht mit den angrenzenden Flächen-elementen teilt.

15 Die einzelnen NURBS-Patches wurden dann durch die Zusammenheftfunktion wie in Fig. 5c und Fig. 5d gezeigt jeweils mit den benachbarten NURBS-Patches vereinigt. Das Zusammenheften erfüllt dabei zwei Aufgaben: Zum einen werden mit dieser Funktion zwei oder mehr zusammen-

20 hängende Flächen zusammengeheftet, um einen Flächenverbund zu erstellen, und zum anderen werden Fehler in der Geometrie oder Topologie, die während der Konvertierung aufgrund von unterschiedlichen internen Toleranzen und Berechnungsfehlern auftreten können,

25 korrigiert. Durch das Zusammenheften entsteht also ein durchgängiger Flächenverbund, der als Flächenmodell herangezogen werden kann.

Das in Fig. 6 gezeigte, über die CAD/FEM-Schnittstelle

30 exportierte Flächenmodell des Probandengesichts wurde in das FE-Programm Design Space™ von Ansys, Inc. importiert. Das Flächenmodell wurde dabei wie ein gekrümmtes Flächen-tragwerk behandelt, das sich nach der Schalentheorie verhält. Nach Zuweisung einer einheitlichen Dicke wurde

35 das Konstrukt zu dem in Fig. 7 gezeigten dreidimensiona-

len FE-Modell der Gesichtsweichteile vernetzt. Die Vernetzung erfolgte ohne Schwierigkeiten, da fehlerhafte Flächen bereits während der Reinigung des Polygonnetzes beseitigt wurden, sodass es zu keinen Überschneidungen kam. Das FE-Modell wies im Großen und Ganzen die gleiche hohe Auflösung wie das Polygonnetz und das im CAD-Programm erstellte Flächenmodell auf. Durch Festlegung entsprechender Lagerungen und Lasten ließen sich mit diesem FE-Modell hochauflösend Verformungen, Spannungen und Dehnungen in den Gesichtsweichteilen berechnen. Diese Berechnungen können zum Beispiel für die Planung kosmetischer Operationen genutzt werden.

Anhand der Figuren 8-11 wird nun ein zweites Ausführungsbeispiel beschrieben, wie sich aus digitalisierten Schichtbildern eines menschlichen Schädels ein dreidimensionales Volumenkörpermodell erzeugen lässt.

Von dem Schädel eines Probanden wurde mit Hilfe eines Computertomografieverfahrens ein Satz von zweiundvierzig digitalen Röntgenschichtbildern gewonnen. Mit Hilfe des Bildbearbeitungsprogramms 3D-Doctor™ (Able Software) wurden in den Schichtaufnahmen die Grenzen des Schädelknochens identifiziert und die markierten Grenzlinien mit mehreren Punkten versehen. Fig. 8 zeigt ein Beispiel eines solchen mit Grenzlinien und Punkten versehenen Schichtbilds im Bereich des Unterkieferknochens.

Die in den einzelnen Schichtbildern markierten Punkte wurden dann zu einer dreidimensionalen Punktwolke zusammengefasst, die redundanten Daten durch Filtern mit einer bestimmten Auflösung entfernt und die verbleibende Punktwolke homogenisiert. Daraus ergab sich die in Fig. 9 gezeigte ausgedünnte Punktwolke, in der die Bildpunkte

umso dichter liegen, je stärker sich die Topologie der Schädeloberfläche ändert.

5 Die ausgedünnte Punktwolke wurde anschließend zu einem Polygonnetz aus dreieckigen Polygonen vernetzt und das Polygonnetz von kreuzenden, redundanten und nichtmannigfaltigen Flächen gereinigt. Eventuell entstandene Löcher wurden wieder geschlossen. Das sich ergebende Polygonnetz ist in Fig. 10 gezeigt.

10 Das Polygonnetz wurde dann ähnlich wie im ersten Ausführungsbeispiel in das Programm PolyTrans™ (Okino Computer Graphics) importiert und in bilineare NURBS-Patches mit der Elementnummer 128 zerlegt, die
15 anschließend wieder unter Korrektur der aufgetretenen Geometrie- oder Topologiefehler zu einem Flächenverbund zusammengeheftet wurden. Da bereits das Polygonnetz frei von Löchern war und der Flächenverbund daher der durchgehenden Oberfläche eines in sich geschlossenen
20 festen Körpers (Solid) entsprach, wurde beim Zusammenheften automatisch ein Volumenkörpermodell erzeugt. Das fertige Volumenkörpermodell ist in Fig. 11 gezeigt und hat im Großen und Ganzen die gleiche hohe Auflösung wie das ursprüngliche Polygonnetz, sodass es für ein hochauflösendes FE-Modell geeignet ist. Das entstandene FE-
25 Modell konnte zur Simulation der Auswirkungen von Gewalteinwirkungen auf den Schädel herangezogen werden.

30 Die obigen Ausführungsbeispiele zeigen, dass sich mit der Erfindung hochgenaue dreidimensionale Modelle real bestehender Objekte erzeugen lassen.

Ein Vergleich der Erfindung mit dem herkömmlichen Verfahren des Reverse Engineering soll außerdem den

Nachweis bringen, dass sich mit der Erfindung auch der Rechenaufwand senken lässt.

Hierzu wurde von einem aus 3386 dreieckigen Polygonen bestehenden Netzmodell des menschlichen Ohres ausgegangen. Das in Fig. 12a gezeigte Netz wurde zum einen nach den Maßgaben der Erfindung und zum anderen mit Hilfe der Reverse-Engineering-Funktion des Programms Rapid Form™ (INUS Technology, Inc.) in NURBS-Patches der IGES-Elementennummer 128 umgewandelt. In beiden Fällen wurden die 3386 Polygone in ebenso viele NURBS-Patches umgewandelt. Im Fall des Reverse Engineering wurde außerdem ein Modell mit einer geringeren Auflösung von 232 NURBS-Patches angefertigt, das in Fig. 12b gezeigt ist. Die Berechnungszeit und der Speicherbedarf für die einzelnen Modelle lassen sich Tabelle 1 entnehmen.

Tabelle 1

	NURBS Anzahl	Rechen- zeit	Speicherbedarf (unkomprimiert)	Speicherbedarf (komprimiert)
Erfindung	3386	2,9 s	1,2 MB	0,4 MB
Reverse Engineering	3386	1983 s	29,6 MB	16,1 MB
Reverse Engineering	232	98 s	2,0 MB	1,1 MB

20

Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass das erfindungsgemäße Verfahren verglichen mit dem Reverse Engineering bei gleicher Auflösung (d.h. bei gleicher Anzahl an NURBS-Patches) deutlich weniger Rechenzeit und Speicherbedarf erfordert. Wenn beim Reverse Engineering die Anzahl an NURBS-Patches gesenkt wird, lassen sich zwar die Rechenzeit und der Speicherbedarf reduzieren, doch werden dadurch geometrische Ungenauigkeiten in Kauf genommen.

25

Wie der Vergleich der Figuren 12a und 12b ergibt, erzeugt das Reverse Engineering zwar sehr glatte Oberflächenübergänge, doch kann es insbesondere im Randbereich des Modells zu fehlerhaften Darstellungen kommen (siehe Pfeil in Fig. 12b). Die Ungenauigkeiten im Randbereich sind umso auffälliger, je komplexer die nachzubildende Struktur ist und je geringer beim Reverse Engineering die Auflösung (Anzahl der erzeugten NURBS-Patches) ist. Vergleichbare Darstellungsfehler treten bei der Erfindung nicht auf.

Darüber hinaus stellte sich heraus, dass die durch das Reverse Engineering erzeugten NURBS-Patches insbesondere dann, wenn das Patch-Layout automatisch erstellt wurde, zu irregulären, fehlerhaften und vertwisteten CAD-Flächen führten, die nicht (z.B. über CAD/FEM-Kopplung) weiterverarbeitet werden konnten. Da die manuelle Erstellung des Patch-Layouts zeitaufwendig, fehlerträchtig und in der Regel nur vom Fachmann zu bewerkstelligen ist, bietet das Reverse Engineering keine praxisgerechte Alternative, um aus digitalisierten anatomischen Strukturen wie dem in Fig. 12a gezeigten Ohr FE-Modelle zu erzeugen.

Wie sich aus der obigen Beschreibung ergibt, eignet sich die Erfindung nicht nur als hochgenaues, Zeit und Speicherplatz einsparendes Alternativverfahren für das Reverse Engineering, sondern erschließt die Erfindung auch neue Anwendungsbereiche bei der Modellierung hochkomplexer Objekte, etwa in den Biowissenschaften, die dem Reverse Engineering und anderen herkömmlichen Verfahren bislang nicht zugänglich waren.



TBK-Patent POB 20 19 18 80019 München

Patentanwälte

Dipl.-Ing. Harro Tiedtke
Dipl.-Ing. Reinhard Kinne
Dipl.-Ing. Hans-Bernd Pellmann
Dipl.-Ing. Klaus Grams
Dipl.-Ing. Aurel Vollnhals
Dipl.-Ing. Thomas J.A. Leson
Dipl.-Ing. Dr. Georgi Chivarov
Dipl.-Ing. Matthias Grill
Dipl.-Ing. Alexander Kühn
Dipl.-Ing. Rainer Böckelen
Dipl.-Ing. Stefan Klingele
Dipl.-Chem. Stefan Bühling
Dipl.-Ing. Ronald Roth

4. Juni 2002

DE 33107

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Erzeugung eines dreidimensionalen Modells für ein real bestehendes Objekt, mit den Schritten:

5 Digitalisieren des Objekts, um ein Netzmodell des Objekts zu erzeugen;

Zerlegen des Netzmodells in bilineare Flächenelemente; und

10 Vereinigen der bilinearen Flächenelemente zu einem Flächen- oder Volumenkörpermodell des Objekts.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die bilinearen Flächenelemente dreieckig sind.

15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die bilinearen Flächenelemente NURBS-Patches sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, mit dem Schritt Erstellen eines Finite-Elemente-Modells aus dem Flächen- oder Volumenkörpermodell.

Dresdner Bank München Kto. 3939 844 BLZ 700 800 00
Deutsche Bank München Kto. 286 1060 BLZ 700 700 10
Postbank München Kto. 67043 804 BLZ 700 100 80
Dai-ichi-Kangyo Bank Düsseldorf Kto. 8104233007 BLZ 300 207 00
Sanwa Bank Düsseldorf Kto. 500 047 BLZ 301 307 00
/R

Telefon: +49 89 544690
Telefax (G3): +49 89 532611
Telefax (G3+G4): +49 89 5329095
E-Mail: postoffice@tbk-patent.de
Internet: http://www.tbk-patent.de
Bavariaring 4-6, 80336 München

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Netzmodell aus Punktwolkendaten des Objekts gewonnen wird.
- 5 6. Vorrichtung zur Erzeugung eines dreidimensionalen Modells für ein real bestehendes Objekt, mit:
einer Digitalisierungseinrichtung, mit der sich ein Netzmodell des Objekts erzeugen lässt; und
einer Datenverarbeitungseinrichtung zur Durchführung
10 folgender Datenverarbeitungsschritte: Einlesen des Netzmodells; Zerlegen des Netzmodells in bilineare Flächenelemente; und Vereinigen der bilinearen Flächenelemente zu einem Flächen- oder Volumenkörpermodell des Objekts.
- 15 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Datenverarbeitungseinrichtung aus dem Flächen- oder Volumenkörpermodell ein Finite-Elemente-Modell des Objekts erstellt.
- 20 8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, bei der die Datenverarbeitungsschritte in der Datenverarbeitungseinrichtung anhand von Softwareroutinen abgearbeitet werden.
- 25 9. Computerprogrammprodukt zur Erzeugung eines dreidimensionalen Modells für ein real bestehendes Objekt, das anhand von Softwareroutinen folgende Datenverarbeitungsschritte abarbeitet, wenn es auf einem
30 Computer läuft: Einlesen eines Netzmodells des Objekts; Zerlegen des Netzmodells in bilineare Flächenelemente; und Vereinigen der bilinearen Flächenelemente zu einem Flächen- oder Volumenkörpermodell des Objekts.

10. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 9, das die bilinearen Flächenelemente erzeugt, indem es das Netzmodell des Objekts durch Konvertierung ins IGES-Format in bilineare NURBS-Patches zerlegt.

5

11. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 10, bei dem das ins IGES-Format konvertierte Netzmodell ausschließlich IGES-Flächenelemente der Nummer 128 enthält.

10

12. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 9, das aus dem Flächen- oder Volumenkörpermodell durch CAD/FEM-Kopplung ein Finite-Elemente-Modell des Objekts erstellt.

TBK-Patent POB 20 19 18 80019 München

Patentanwälte

Dipl.-Ing. Harro Tiedtke
Dipl.-Ing. Reinhard Kinne
Dipl.-Ing. Hans-Bernd Pellmann
Dipl.-Ing. Klaus Grams
Dipl.-Ing. Aurel Vollnhals
Dipl.-Ing. Thomas J.A. Leson
Dipl.-Ing. Dr. Georgi Chivarov
Dipl.-Ing. Matthias Grill
Dipl.-Ing. Alexander Kühn
Dipl.-Ing. Rainer Böckelen
Dipl.-Ing. Stefan Klingele
Dipl.-Chem. Stefan Bühlung
Dipl.-Ing. Ronald Roth

4. Juni 2002

DE 33107

ZUSAMMENFASSUNG

(Fig. 7)

Zur Erstellung eines dreidimensionalen Modells für ein real bestehendes Objekt wird das interessierende Objekt zunächst digitalisiert, um ein Netzmodell des Objekts zu erzeugen. Anschließend wird das Netzmodell in bilineare

5 Flächenelemente zerlegt und diese schließlich wieder zu einem Flächen- oder Volumenkörpermodell vereinigt. Aus dem Flächen- oder Volumenkörpermodell lässt sich durch CAD/FEM-Kopplung ein Finite-Elemente-Modell erstellen. Die erzeugten Modelle sind nicht nur genau, sondern ihre

10 Erstellung erfordert auch relativ wenig Rechenaufwand.

Dresdner Bank München Kto. 3939 844 BLZ 700 800 00
Deutsche Bank München Kto. 286 1060 BLZ 700 700 10
Postbank München Kto. 67043 804 BLZ 700 100 80
 Dai-ichi-Kangyo Bank Düsseldorf Kto. 8104233007 BLZ 300 207 00
Sanwa Bank Düsseldorf Kto. 500 047 BLZ 301 307 00

/R

Telefon: +49 89 544690
Telefax (G3): +49 89 532611
Telefax (G3+G4): +49 89 5329095
E-Mail: postoffice@tbk-patent.de
Internet: <http://www.tbk-patent.de>
Bavariaring 4-6, 80336 München

Fig. 7

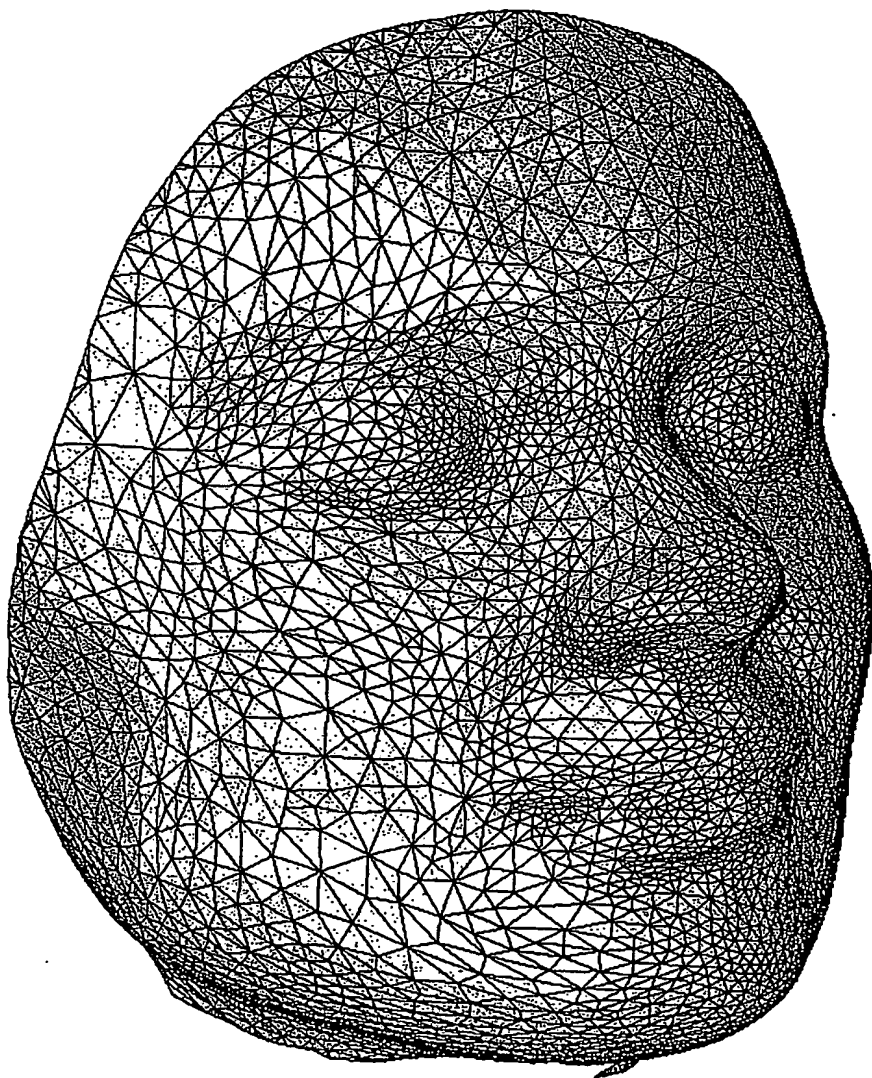


Fig. 1

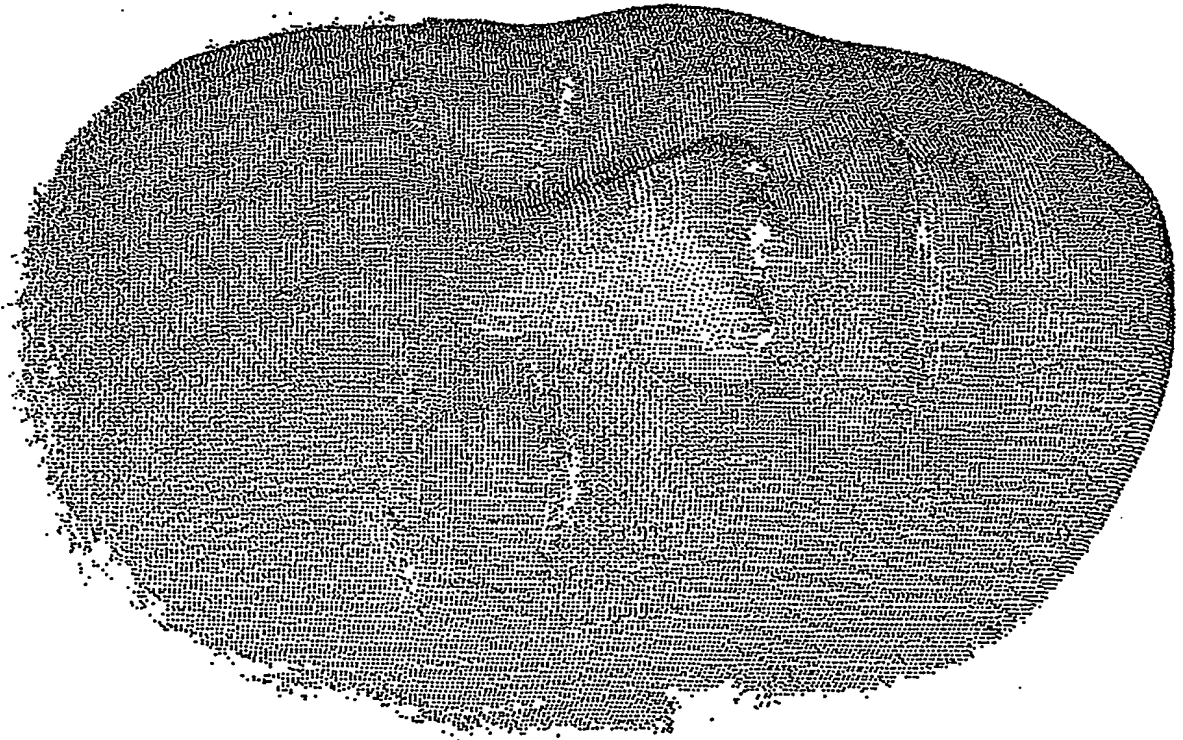


Fig. 2

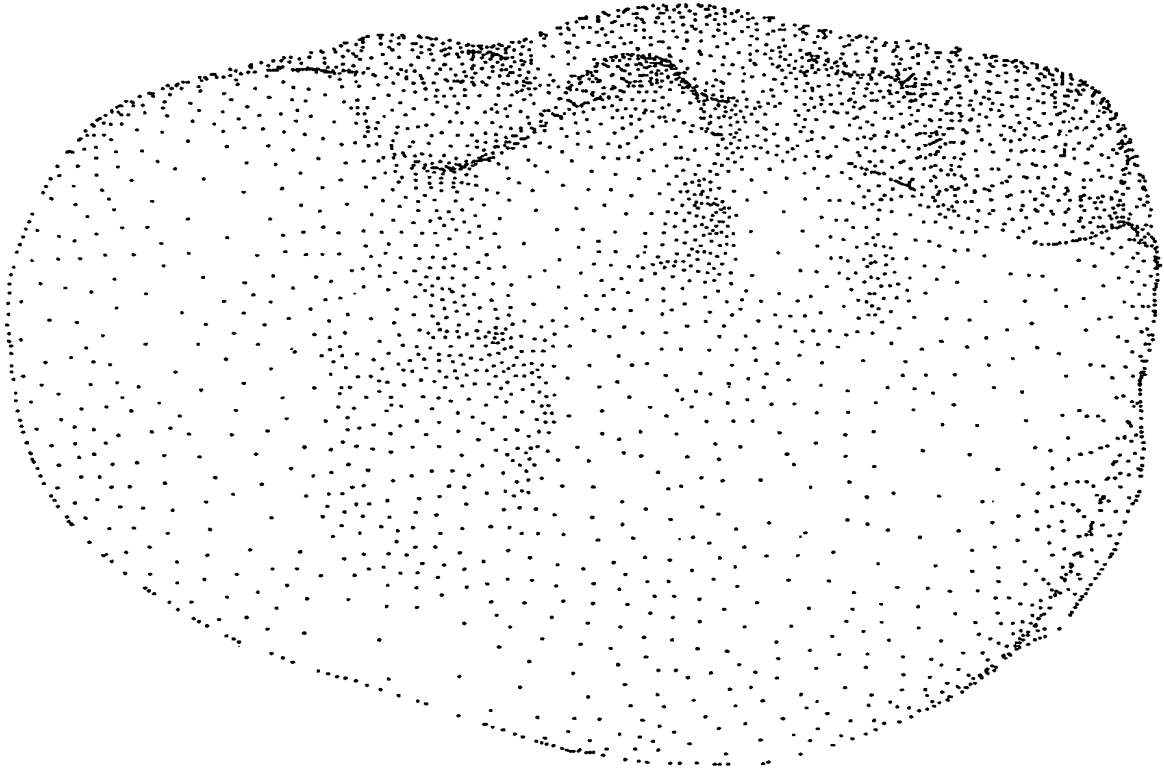


Fig. 3

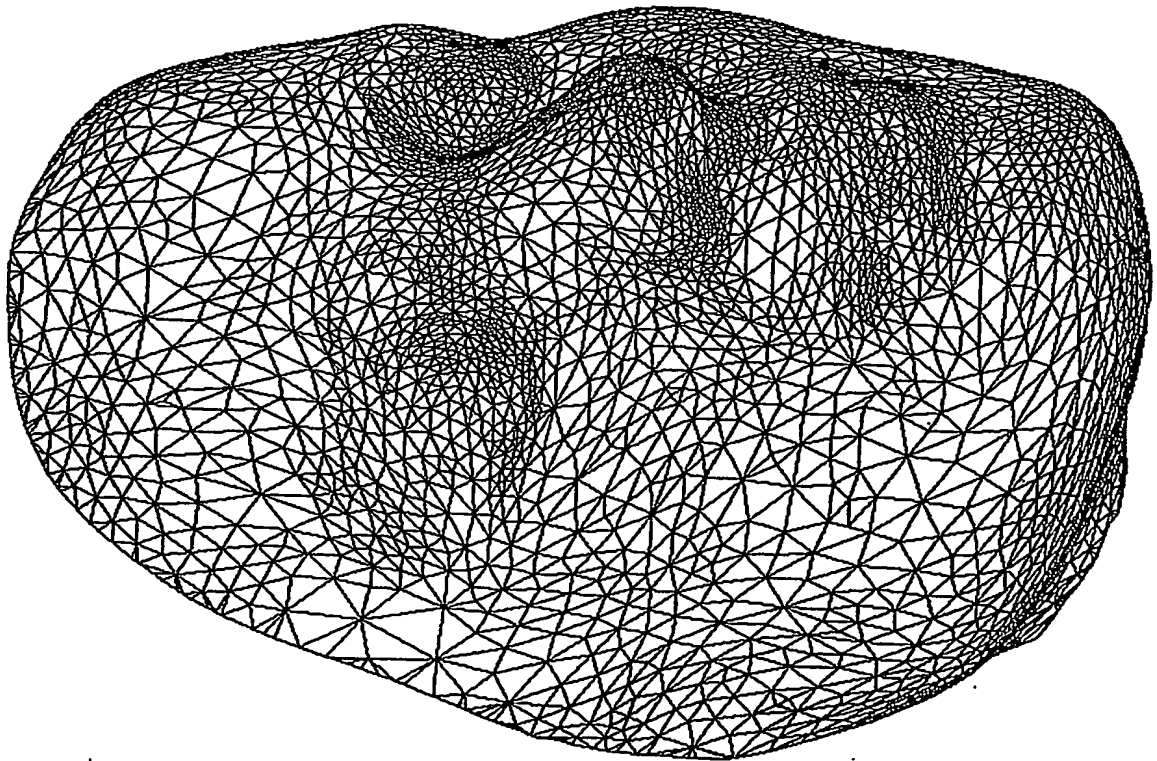


Fig. 4

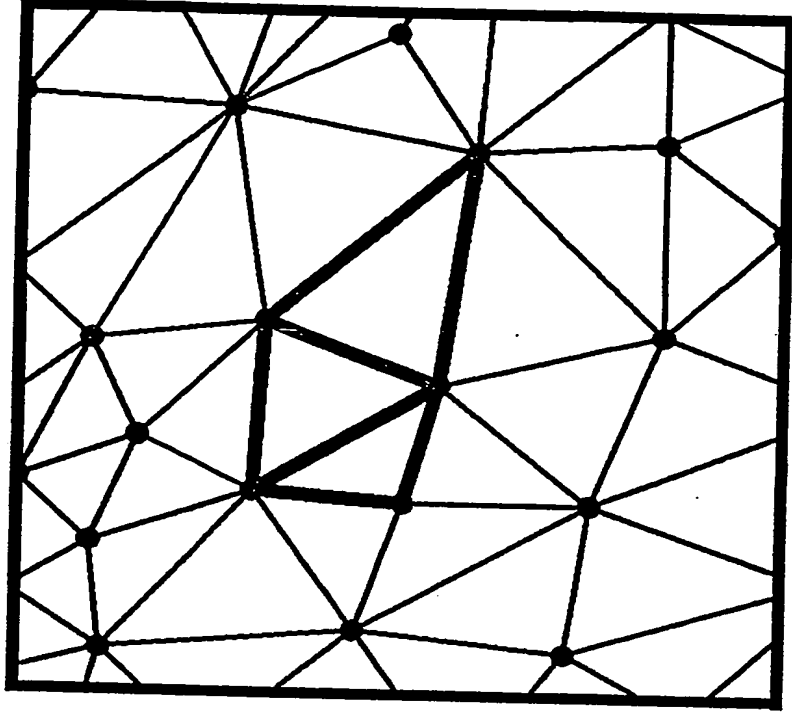


Fig. 5c

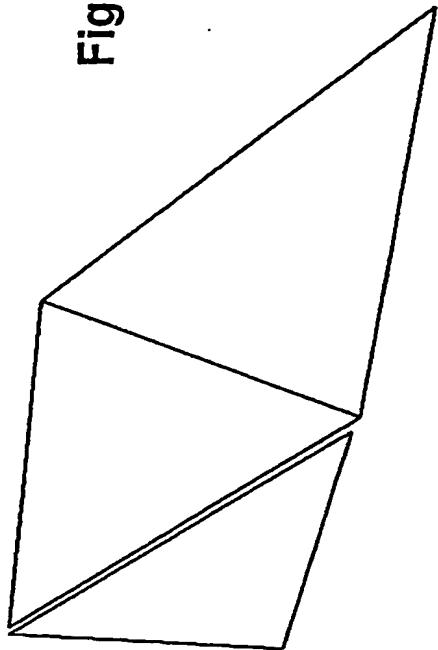


Fig. 5d

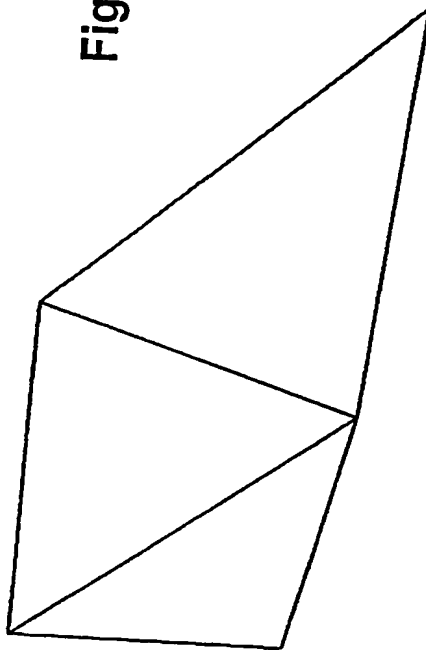


Fig. 5a

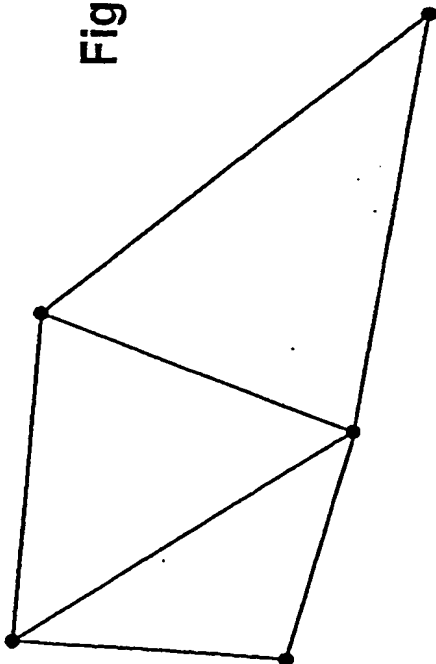


Fig. 5b

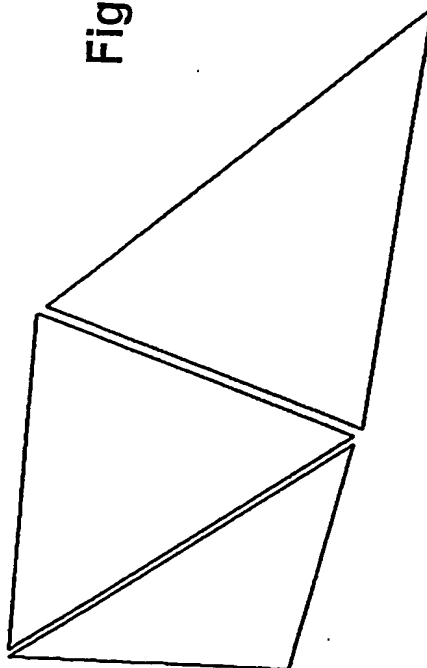


Fig. 6

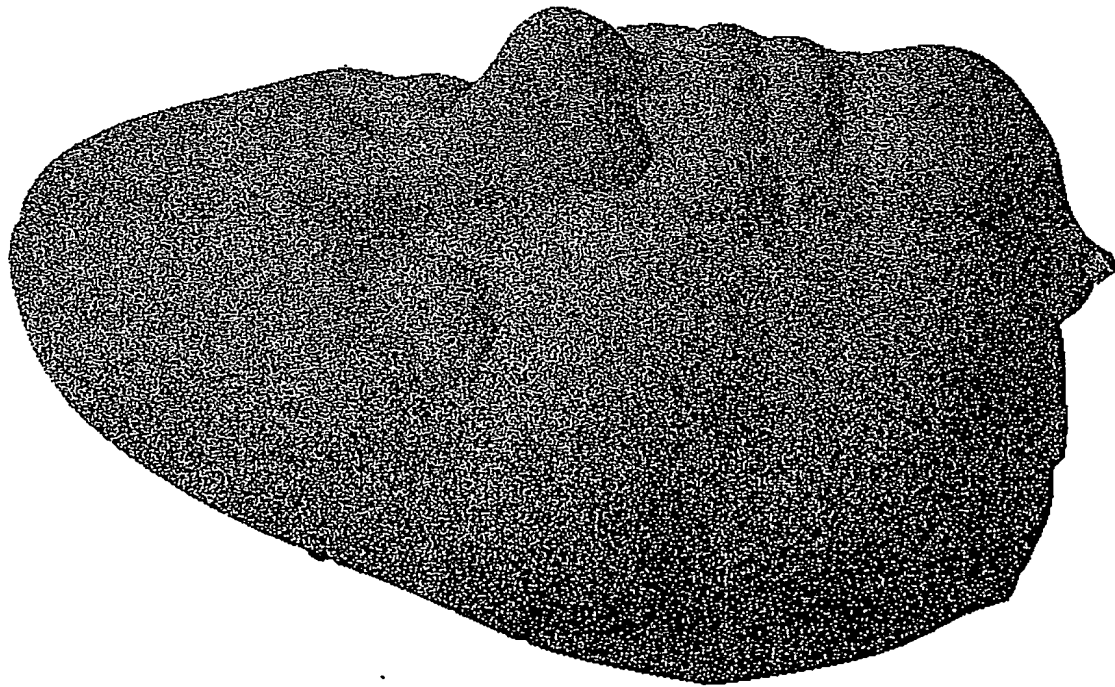


Fig. 7

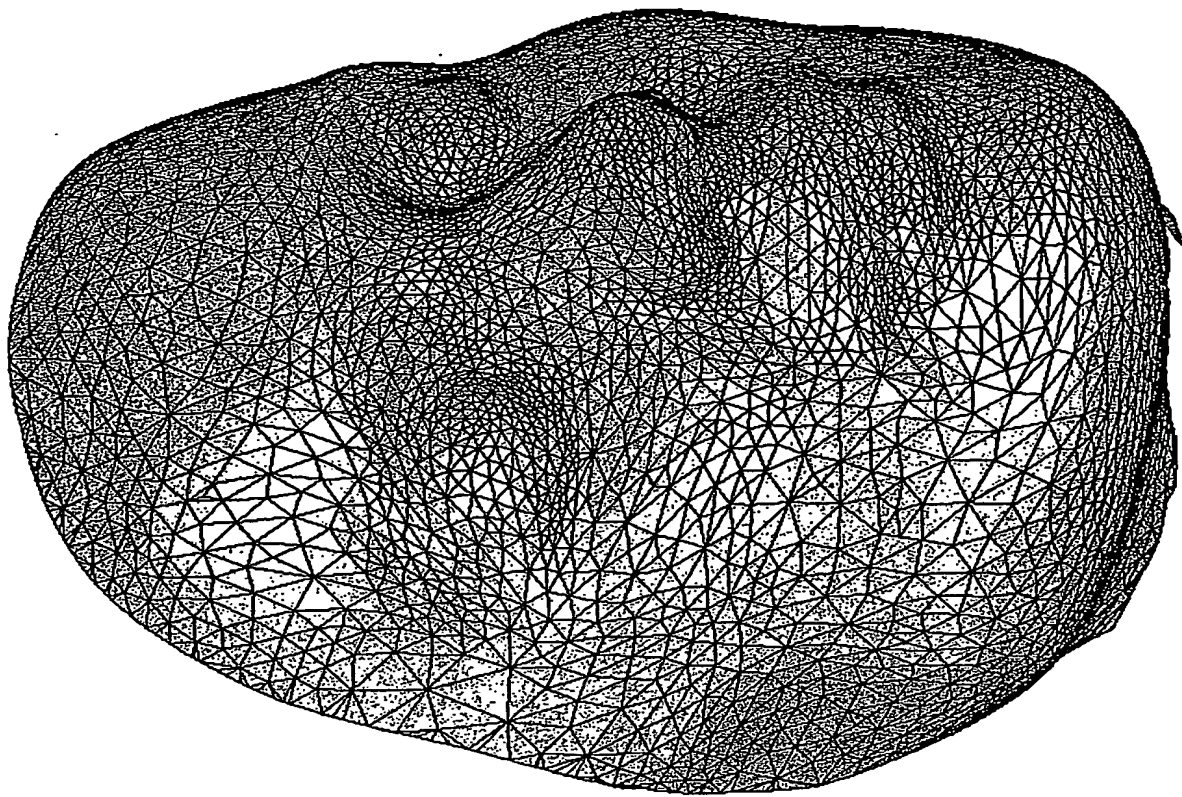


Fig. 9

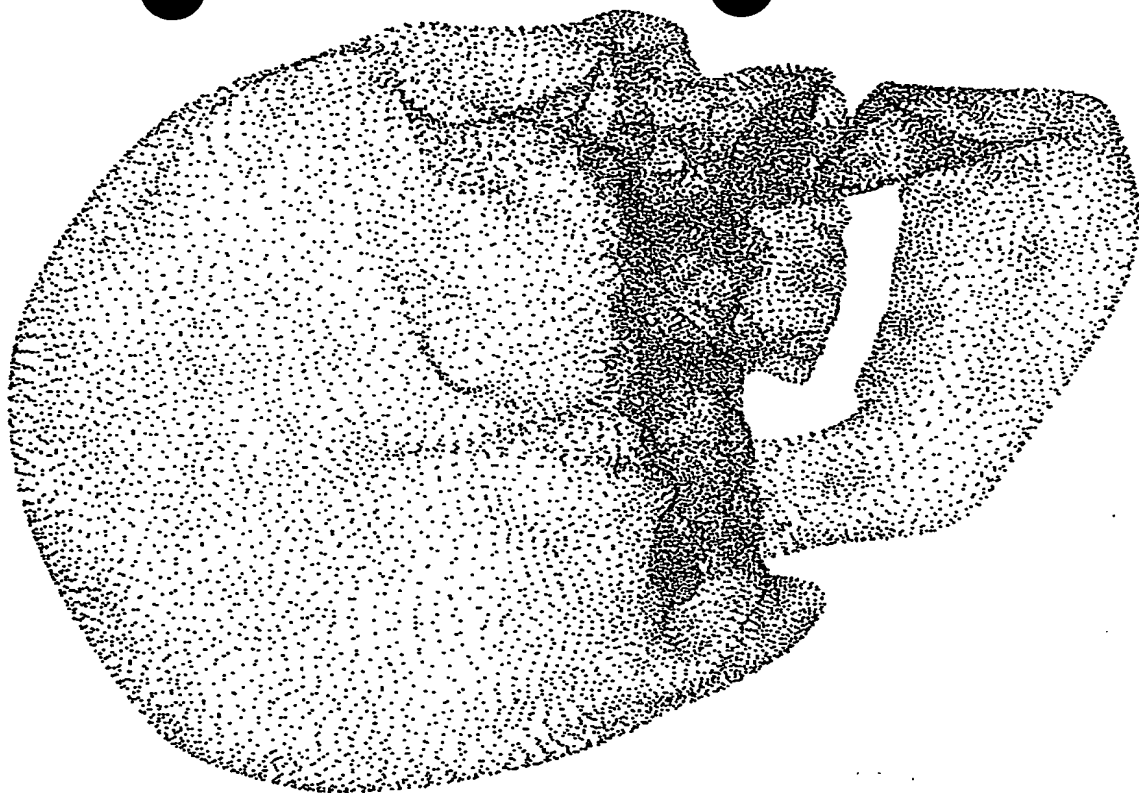


Fig. 8



Fig. 11

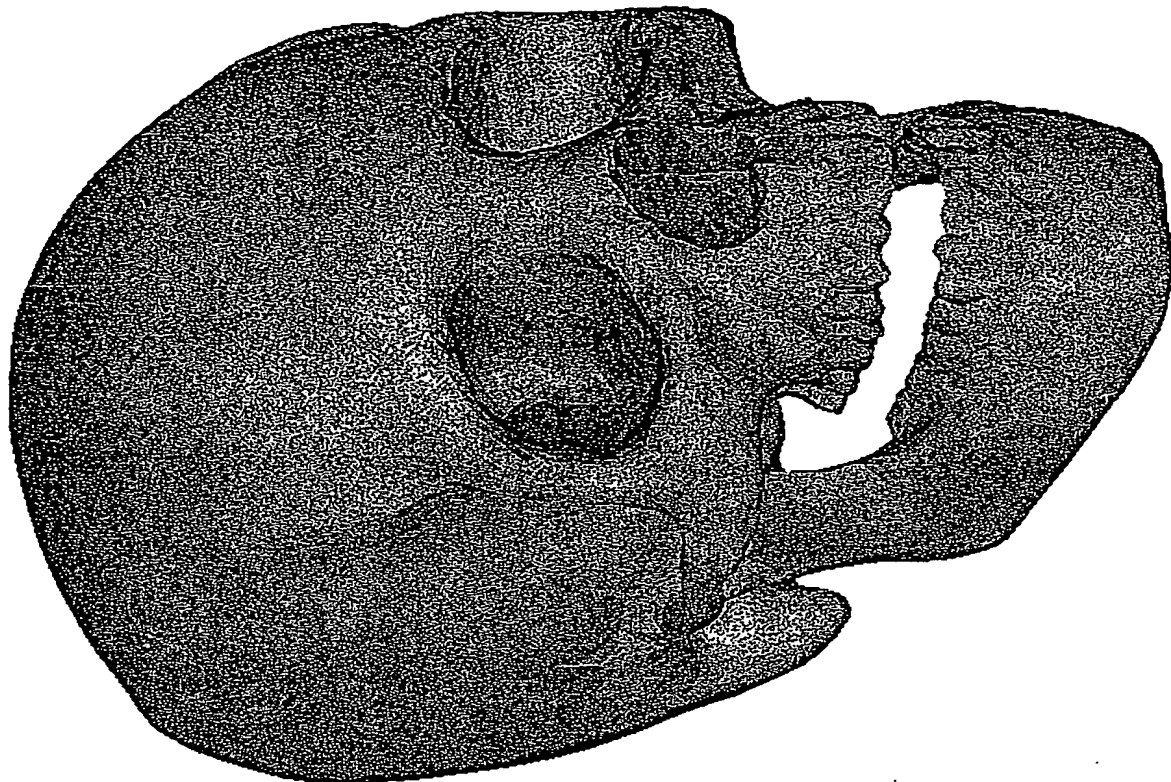


Fig. 10

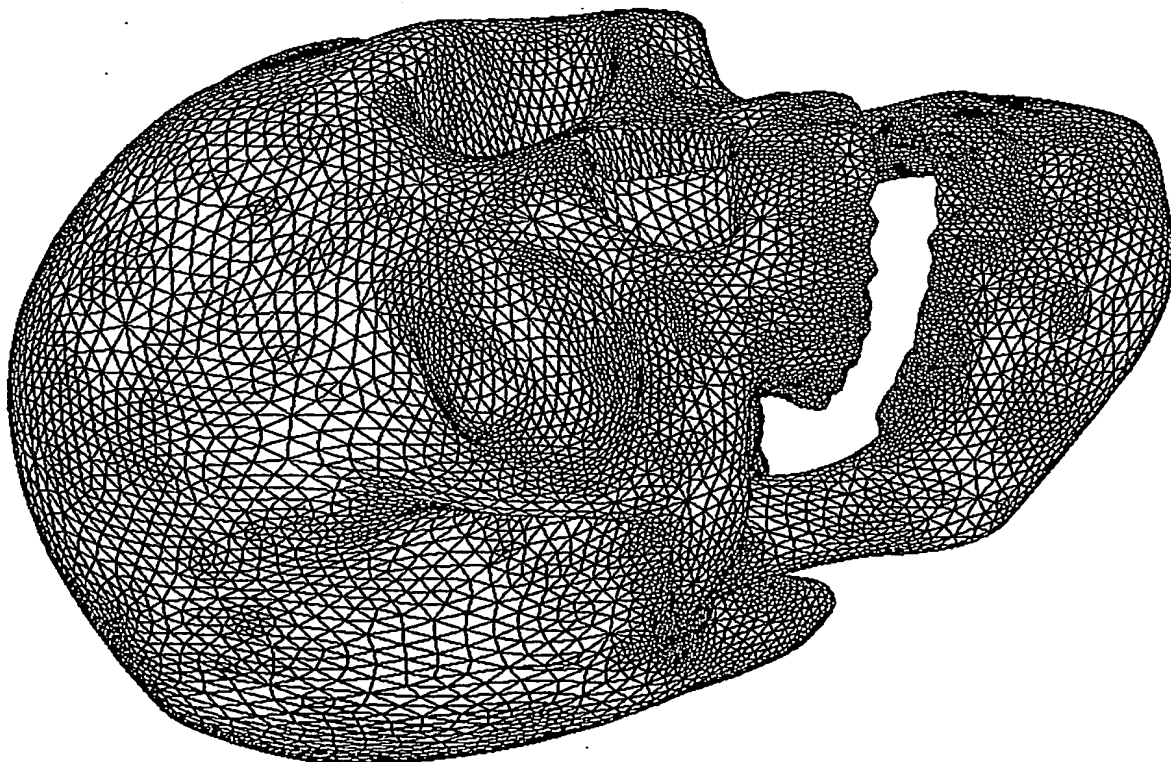


Fig. 12a



Fig. 12b

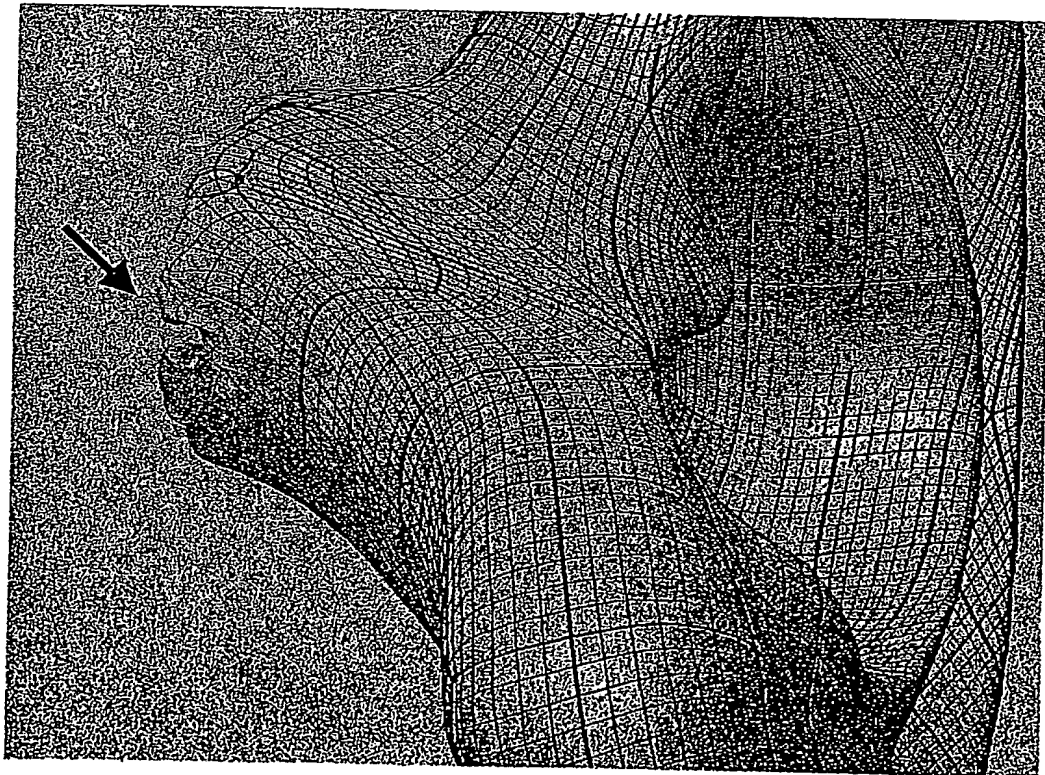


Fig. 13

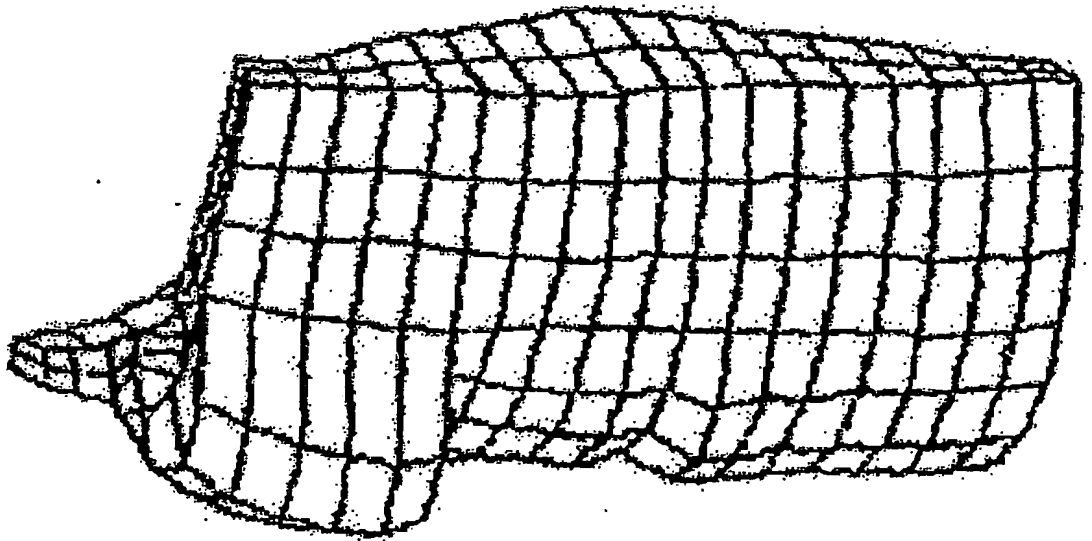


Fig. 14

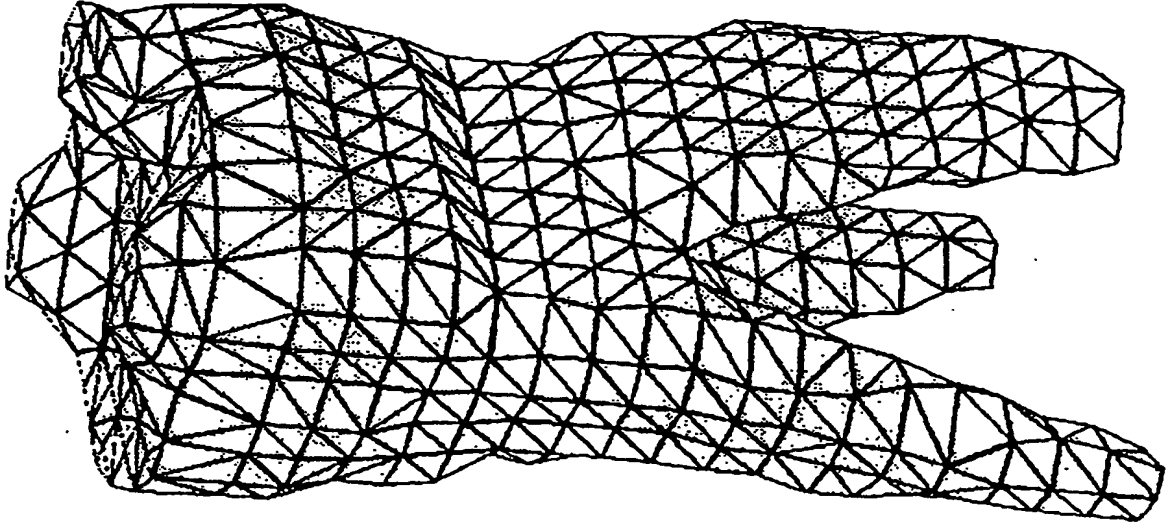


Fig. 15

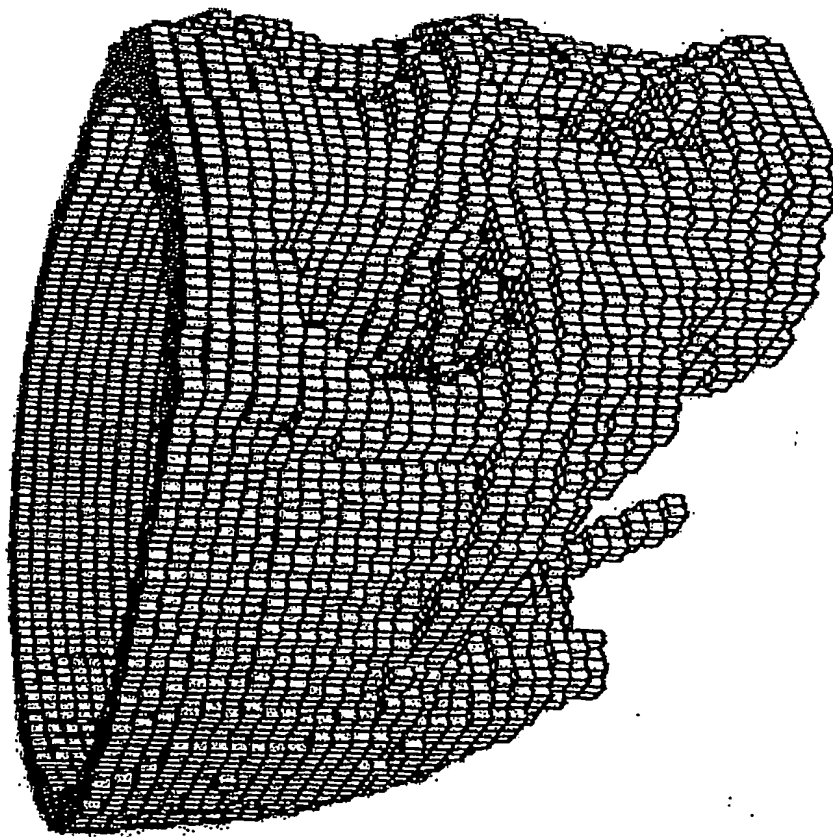
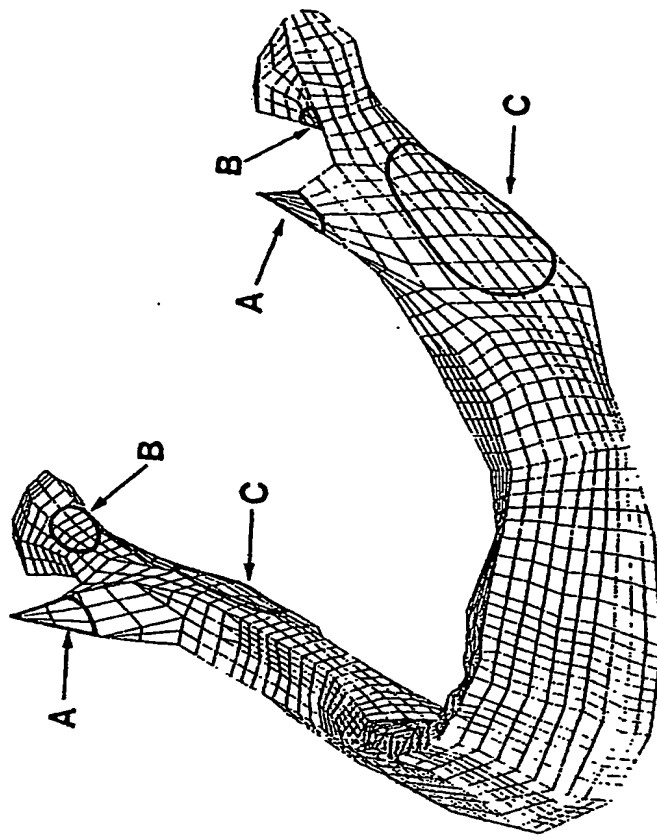


Fig. 16





☐ EPA / EPO / OEB
D - 80298 München
☎ 089 / 2399 - 0
Tx 523 656 epmu d
Fax 089 / 2399 - 4465

Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

EPA / EPO / OEB : D-80298 München

Leson, Thomas Johannes Alois
TBK-Patent
Bavariaring 4-6
D-80336 München

RECEIVED
EINGEGANGEN

- 6. Juni 2003

TBK - PATENT

Nr. der Anmeldung / Application No. / Demande de brevet no

PCT/EP 03 / 05795

Tag des Eingangs / Date of receipt / Date de réception

03.06.2003 "EASY"

Zeichen des Anmelders / Vertreter - Applicant / Representative ref. no. -
Référence du demandeur ou du mandataire

WO 38568

Anmelder / Applicant / Demandeur : **Holberg, Christof**

Datum / Date **04.06.2003**

Empfangsbescheinigung / Receipt for documents / Récépissé de documents

Das Europäische Patentamt bescheinigt hiermit den Empfang folgender Dokumente:
The European Patent Office hereby acknowledges the receipt of the following:
L'Office européen des brevets accuse réception des documents indiqués ci-dessous:

A. Internationale Anmeldung / International application / Demande internationale

Stückzahl / No. of
copies / Nombre
d'exemplaires

☒ Antrag / Request / Requête

1

☒ Beschreibung (ohne Sequenzprotokollteil)
Description (excluding sequence listing part)
Description (sauf partie réservée au listage des
séquences

1

☒ Patentansprüche / Claim(s) / Revendication(s)

1

☒ Zusammenfassung / Abstract / Abrégé

1

☒ Zeichnung(en) / Drawing(s) / Dessin(s)

1

☐ Sequenzprotokollteil der Beschreibung
Sequence listing part of description
Partie de la description réservée au listage des
séquences

☒ Diskette / Disquette

1

☐ Kopie der allgemeinen Vollmacht
Copy of general power of attorney
Copie du pouvoir général

☐ Prioritätsbeleg(e)
Priority document(s)
Document(s) de priorité

☒ Blatt für die Gebührenberechnung
Fee calculation sheet
Feuille de calcul des taxes

☒ Abbuchungsauftrag
Debit order
Ordre de débit

Währung/Currency/Monnaie
Betrag/Amount/Montant

EUR 1902.--

☐ Scheck
Cheque
Chèques

Ausfüllung freigestellt /
Optional / facultatif

☐ Sonstige Unterlagen (einzeln auflisten)
Other documents (specify)
Autres documents (préciser)

B. Beigefügte Dokumente / Accompanying documents / Éléments joints

☐ Gesonderte unterzeichnete Vollmacht
Separate signed power of attorney
Pouvoir distinct signé

Die genannten Unterlagen sind am oben genannten Tag eingegangen. Die in der Kontrollliste (Feld VIII) des PCT-Antragformulars RO/101 angegebenen Blattzahlen wurden bei Eingang nicht geprüft. Die Anmeldung hat ebenfalls oben angeführte Anmeldenummer erhalten / The said items were received on the date indicated above. No check was made on receipt that the number of sheets indicated in the check list (box VIII) of the PCT Request Form RO/101 were correct. The application has been assigned the above-indicated application number / Les documents mentionnées ont été reçus à la date indiquée. L'exactitude du nombre de feuilles indiqué au bordereau (cadre VIII) du formulaire de requête PCT RO/101 n'a pas été contrôlée lors du dépôt. Le numéro figurant ci-dessus a été attribué à la demande de brevet.

Unterschrift / Amtsstempel / Signature / Official Stamp / Signature / Cachet officiel

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets
☐ D-80298 München
A. Meacle

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.